分割電極フォトニック結晶レーザーにおけるビーム形状の機械学習

Machine-learning of beam pattern in PCSEL with separate electrodes °中川祐一朗, De Zoysa Menaka, 井上卓也, 吉田昌宏, 石崎賢司, 初田蘭子, 野田進(京大院工) °Yuichiro Nakagawa, Menaka De Zoysa, Takuya Inoue, Masahiro Yoshida, Kenji Ishizaki, Ranko Hatsuta, Susumu Noda (Kyoto Univ.)

E-mail: nakagawa.yuichiro@nano.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

[序]フォトニック結晶レーザーは、2次元フォトニック結晶のバンド端共振効果を利用した、大面積コ ヒーレント半導体レーザーである。本レーザーにおいて、隣接した領域を同時に駆動させると、それぞ れの領域の共振波長が僅かに異なっている場合においても、相互引き込み現象が生じ¹⁾、このことが大 面積コヒーレント動作に重要な役割を担うことを示してきた。また、相互引き込み現象が生じる条件に

関する詳細評価や²⁾、分割電極フォトニック結晶レーザーを形成するこ とで、様々な形状のビームが出射可能なことを報告している³⁾。本稿で は、将来のオンデマンドビーム出射レーザーの実現を見据え、分割電極 フォトニック結晶レーザーのビーム形状(特にビーム拡がり角)を、自動 測定する系を構築し、機械学習することを試みたので、報告する。

[結果] 図1に、学習に用いた、分割電極を導入したフォトニック結晶レ ーザーのp側の顕微鏡写真を示す³⁾。単一領域の電極サイズは100µm角 とし、隣接領域同士が同位相で同期して発振可能なように、領域間距

離を 30µm とした³。レーザー光は裏面(n 側 窓電極)から出力される。各電極の駆動は、12 ビットのデジタル入力を D/A 変換等により、 アナログ電流値に変換させて行った³⁾。同図 中の赤い破線で囲った 4×4 領域に対し、デ ジタル入力値をランダムに変化させ、それに よって得られるビーム形状(遠視野像)を自動 測定することで、機械学習のために、多数の データセットの収集を行うことを可能とし た。図 2 のように、ニューラルネットワーク の入力として、注入制御用のデジタル入力(ビ

ット)値を用い、出力として、代表的な4方向(x,u,y,v)における遠 視野像の拡がり角を用いた。具体的には、畳み込み層ニューラル ネットワーク(CNN)を採用し、畳み込み層は1層とし、活性化関 数として ReLuを用い、4000 個のデータに対して学習を行った。 その後、1000 個の未知のテストデータの入力ビット分布に対し て、角度の予測を行った。なお、テストデータの拡がり角は、回 折限界に近い0.16°から0.35°程度まで、分布していることを確認 した。CNNより予測した角度と、実際の角度(正解)との関係を図 3 に示す。同図より、機械学習法により、どの方向に対しても高 い精度で予測が行えていることが分かる。各方向へのビーム拡が り角の予測値に対する誤差精度の平均は5%以下であることが分 かった。今回は、ビーム拡がり角を主に機械学習を行ったが、将 来は、本手法を発展させることで、ビーム形状のオンデマンドな 制御までも可能になると期待される。本研究の一部は、戦略的イ





図 2: デジタル入力分布とビーム形状との関係を学習するため のニューラルネットワーク概略図





ノベーション創造プログラム(SIP)および JST-CREST の援助を受けた。[文献] [1] 小林他, 2016 年秋季 応物, 14p-P14-6. [2] 深谷他, 2020 年春季応物, 14p-B415-13. [3] Menaka 他,本応物予稿集.